

Pemodelan Kualitas Air dengan Parameter BOD dan DO pada Sungai Ciliwung Segmen 2, Arif Budiman
JTL Vol. 5 No. 3 Juni. 2010, 97-106

PEMODELAN KUALITAS AIR DENGAN PARAMETER BOD DAN DO PADA SUNGAI CILIWUNG

Arif Budiman

Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti, Jl Kyai Tapa No.1, Grogol Jakarta 11440, Indonesia

arifbudiman.mail@gmail.com

Abstrak

Sungai merupakan salah satu sumber daya air alami yang harus dijaga dan dilindungi dari penyebab pencemaran. Oleh karena itu diperlukan upaya pengawasan dan monitoring kualitas air sungai. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan penyebaran polutan dengan BOD (Biological Oxygen Demand) dan DO (Dissolved Oxygen) di perairan. Konsentrasi DO dan BOD pada aliran sungai ditentukan dengan program QUAL2K. Perangkat lunak ini dapat mensimulasikan parameter kualitas air yang menggunakan rumus matematis Streeter-Phelps. Validasi juga dilakukan agar diperoleh hasil simulasi yang lebih mendekati ke nilai dari data observasi. Hasil yang diperoleh dari validasi menunjukkan nilai penyimpangan sebesar 14% untuk BOD dan 24% untuk DO. Setelah model valid, kemudian dilakukan simulasi dari skenario pengaruh pengelolaan beban pencemar dan kondisi sungai untuk menjaga kualitas air sungai. Skenario ini adalah untuk peningkatan pelayanan sanitasi sebesar 50, untuk penggelontoran melalui Bendungan Katulampa dan melayani 100% buangan air limbah domestik di 6 kelurahan di bagian hulu dengan membuat IPAL di kelurahan Babakan Pasaru. Skenario yang paling efektif adalah skenario ketiga yaitu dengan menambahkan IPAL. Konsentrasi BOD pada skenario ini turun sebesar 0.4 mg/L. Skenario ini berubah secara lebih kontinyu.

Abstract

Air Quality Modeling with Parameters of DO and BOD. The river is one of the natural water resources that must be protected from pollutant. Therefore, efforts are needed to control and monitoring water quality. The purpose of this study is to determine the relationship distribution of pollutants to the of BOD (Biological Oxygen Demand) and DO (Dissolved Oxygen) in the waters. DO and of BOD concentrations at river flow is determined to the the program QUAL2K. The software can simulate the water quality parameters that use mathematical formulas Streeter-Phelps. Validation is also done to obtain the simulation results that comes closer to the value from the observation data. The results from the validation shows deviations of 14% to 24% for of BOD and DO. Once the model is valid, then a simulation from the scenarios must be performed to influence management of pollutant and to maintain river water quality. This scenario is to increase sanitation services of 50, for flushing through Katulampa Dams and serve 100% of domestic waste water disposal in 6 villages in the upstream by making the WWTP in the village Babakan Pasaru. The most effective scenario is a third scenario namely by adding a WWTP. BOD concentration in this scenario decreased by 0.4 mg / L. This scenario changed more continuously.

Keyword : BOD, DO, pollutant loads, Qual2k, validation, scenario

1. Pendahuluan

Sungai merupakan salah satu sumber daya air alami yang harus dijaga dan diamankan dari penyebab pencemaran seperti pengaruh limbah cair atau polutan yang berasal dari limbah industri, limbah domestik, limbah pertanian dan lainnya ke sungai. Tetapi pada kenyataannya beban limbah cair yang dibuang ke

sungai semakin lama semakin meningkat, oleh karena itu untuk menjaga kualitas air sungai tersebut diperlukan upaya pengawasan dan monitoring kualitas air sungai.

Sungai Ciliwung, adalah sungai yang memiliki fungsi yang sangat penting karena melalui wilayah Jakarta, Depok, Kotamadya Bogor dan Kabupaten Bogor.

Panjang Sungai Ciliwung dari bagian hulu sampai dengan hilir (muara) pantai di daerah Tanjung Priok adalah ± 117 km. Luas DAS Ciliwung (Daerah tangkapan) sekitar 337 km^2 , yang dibatasi oleh DAS Cisadane (barat) dan DAS Citarum (timur). Sungai Ciliwung berhulu di Puncak, Kecamatan Cisarua, Propinsi Jawa Barat, dan mengalir hingga ke hilir yang terletak di Teluk Jakarta, Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta.

Pada daerah bogor sendiri yang merupakan daerah sungai ciliwung segmen 2, panjang daerah aliran sungai mulai dari Kecamatan Sindang Rasa hingga Kecamatan Cibuluh kurang lebih mencapai 16 km, daerah tersebut meliputi Kelurahan Sindang Rasa, Tajur, Katulampa, Baranangsiang, Sukasari, Babakan Pasar, Paledang, Sempur, Pabaton, Bantarjati, Kedunghalang, Cibuluh, Tanah Sareal, Kedung Badak, Kebon Pedes, dan Sukaresmi. Daerah tersebut mempunyai bermacam macam kemungkinan sumber pencemar yang yang kebanyakan berasal dari kegiatan yang berada di pinggiran sungai seperti di daerah Tajur yang mempunyai jumlah penduduk yang cukup padat mempunyai banyak potensi pengeluaran beban pencemar baik itu berasal dari limbah domestik maupun limbah non domestik.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas maka dilakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan model kualitas air sungai agar dapat melihat suatu pola perubahan konsentrasi parameter DO dan BOD. Perubahan konsentrasi yang terjadi di samping diakibatkan oleh karena unsur hidrodinamika aliran juga diakibatkan oleh adanya proses biodegradasi yang terjadi di sungai oleh mikroorganisme, sehingga diperoleh gambaran pengaruh hubungan penyebaran polutan dengan unsur hidrodinamika air terhadap kualitas air dimasa mendatang.

Model kualitas air sungai yang telah mendekati kondisi realita gambaran penyebaran polutan pada badan air sungai Ciliwung Segmen 2 ini akan dapat dipakai dalam penentuan scenario kebijakan dalam pengendalian pencemaran serta penjagaan kualitas air Sungai Ciliwung di segmen 2.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui besarnya beban pencemar yang diakibatkan oleh kegiatan non domestik dan kegiatan domestic, membuat model kualitas BOD dan DO menggunakan program Qual2K yang dapat merepresentasikan pengaruh masuknya limbah cair industri dan domestic terhadap pola penyebaran terhadap konsentrasi BOD dan DO di sepanjang aliran sungai ciliwung segmen2, Melakukan intervensi dan simulasi lanjutan pada model kualitas BOD dan DO yang hasilnya dapat dipergunakan untuk pertimbangan penetapan suatu kebijakan lingkungan

yang dapat mengendalikan dan menekan laju pencemaran Sungai ciliwung Segmen 2 oleh limbah cair industri dan domestik.

2. Metode Penelitian

Kegiatan yang dilakukan meliputi pengumpulan data primer dan data sekunder, penetapan batasan model, pengembangan model, verifikasi model, simulasi scenario kebijakan. Pengumpulan data primer yang digunakan berasal dari data tugas akhir berdi somantri. sedangkan data sekunder berisikan data-data yang dapat menunjang penelitian.

Pengembangan model ini adalah suatu upaya yang dilakukan dengan menggunakan program qual2k untuk memodelkan kualitas air yang dilihat berdasarkan parameter DO dan BOD, diantaranya adalah dengan menentukan batasan model, penetapan segmen sampai verifikasi model agar model dapat menyerupai bentuk aslinya. Pada pemodelan ini batasan yang di tentukan adalah [1]:

1. V (kecepatan aliran)
2. Beban pencemar
3. Nilai K2 dan K1
4. Sumber pencemar
5. Nilai manning
6. Jarak antar reach

Daerah penelitian ini melewati kota Bogor. Daerah daerah tersebut meliputi:

1. Sindang Rasa
2. Bendungan Katulampa
3. Mesjid At Takwa Tajur
4. Kel. Sukasari
5. Kel. Baranangsiang
6. Babakan Pasar
7. Kebun Raya
8. Sempur Keler
9. Pabaton Indah
10. Kel Kebon Pedes
11. Kedung Badak

Perhitungan beban pencemar yang berasal dari penduduk yang terlayani hanya membuang limbah *grey water* kedalam sungai karena limbah *black water* sudah di olah ke saptik tank, sedangkan penduduk yang tidak terlayani sanitasi membuang *black* dan *grey water* kedalam sungai. Dari jumlah menduduk tersebut dikalikan besarnya pembuangan air limbah dimana air limbah berasal dari sisa pemakaian 75 % dari penggunaan air bersih dan akan didapatkan jumlah air buangan,. Konsentrasi DO dan BOD adalah konsentrasi asumsi yang sesuai dengan model yang mengacu pada Baku mutu air limbah Domestik berdasar [2] Keputusan Menteri negara lingkungan hidup Nomor 112 tahun 2003 dan *The Study On Urban Drainage and Waste Water Disposal Project*.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan beban pencemar yang berasal dari limbah domestik adalah [3] dan [4]:

1. Penduduk : jumlah KK x 4 orang (asumsi)
2. Pemakaian air bersih : 120 Rata rata pemakaian air bersih (Sumber : The Study On Urban Drainage and Waste Water Disposal Project In The City Of Jakarta, 1990)
3. Grey water : $(75\% \times 120 \text{ lt/orang/hari}) \times 75\% = 68 \text{ lt/orang/hari}$
4. Black water : $100\% \times 120 \text{ lt/orang/hari} = 90 \text{ lt/orang/hari}$
5. Q air buangan : $\sum \text{penduduk} \times Q \text{ grey water}$
6. Q domestik : $Q \text{ air buangan} \times (86400/1000)$
7. Standar buangan limbah grey & black water = 100 mg/L & 200mg/L (Baku mutu air limbah)

Verifikasi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara hasil simulasi dengan gejala atau proses yang ditirukan. Verifikasi dilakukan dengan menghitung besarnya penyipangan antara data eksisting dengan data hasil model. Simulasi model dengan beberapa scenario dilakukan yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran kebijakan yang tepat dalam mengendalikan pencemaran dan menjaga kualitas sungai ciliwung segmen 2, dari sekenario tersebut di pilih salah satu kebijakan yang paling efisien dalam pengambilan keputusan.

Batasan model

Pemodelan ini menggunakan program Qual2K yang membutuhkan banyak nilai dan parameter dari sungai Ciliwung, nilai meliputi nilai fisik dan kimia, karena itu ada banyak data data yang tidak didapat secara langsung dari data sekunder, data data yang didapat dari data sekunder ini diolah kembali dengan memasukkan asumsi asumsi yang mempunyai dasar untuk mencari nilai parameter yang dibutuhkan.

Pada penentuan *reach* ini titik *headwater* yang yang dipakai adalah daerah sindang rasa yang berada 1 kilometer sebelum Bendungan Katulampa dan merupakan titik awal dari segmen 2 data ini bersumber dari data BPLHD kota Bogor. Jarak terkecil yang terdapat dalam reach ini sebesar 0,72 yang berada di titik Babakan Pasar dan dapat di toleransi karena nilainya yang tidak terlalu kecil.

Selain slope ketinggian nilai manning atau derajat kekasaran juga berpengaruh dalam model ini karena semakin kasar permukaan sungai semakin besar hambatan aliran. Angka manning ditentukan juga oleh kelokan sungai dan debit. Bila dilihat dari kondisi Sungai Ciliwung maka angka manning yang paling mendekati kondisinya adalah sebesar 0.04, yaitu kondisi saluran yang berlumpur

Sumber pencemar yang masuk ke badan air yang bersumber dari pemukiman dikriteriakan menjadi dua golongan yaitu *grey water* dan *black water*. Di dalam data sanitasi diperoleh data rumah yang memiliki jamban pribadi dan yang tidak memiliki jamban pribadi, bagi yang memiliki jamban pribadi atau yang menggunakan

Data beban Pencemar yang dihasilkan dari pemukiman ini dibutuhkan dalam pemodelan ini untuk menghitung besarnya pencemaran yang masuk ke badan air secara menyebar atau *Diffuse Sources*. Dalam pembuatan model ini juga ditentukan batasan batasan model [5] dan [6] diantaranya adalah:

1. V (Kecepatan aliran). kecepatan aliran dianggap sama di tiap segmen dan tiap lebar sungai.
2. Bentuk sungai. Bentuk sungai dalam pemodelan dianggap berbentuk segi empat.
3. Beban pencemar. beban pencemar yang dimasukkan dalam perhitungan adalah bersumber dari air buangan rumah tangga dan industri.
4. Sumber Pencemar yang masuk kedalam sungai pada model ini berasal dari limbah domestik dan domestik berupa limbah cair yang berasal dari sisa pemakaian air bersih, sehingga sumber pencemar seperti limbah padat atau sampah tidak dimasukkan sebagai sumber pencemar.
5. Nilai manning yang digunakan sama di tiap titik.
6. Koefisien decay dan aerasi. Nilai K2 dan K1 didapat dari hasil Simulasi.
7. Jarak antar reach $\pm 1 \text{ km}$ antar titik reach ini dikarenakan adanya syarat yang ditentukan oleh program simulasi Qual2K agar simulai dapat berjalan dengan lancar.

3. Hasil dan Pembahasan

Input Data

Air limbah yang masuk ke dalam Sungai Ciliwung pada dasarnya sebagian besar berasal dari pemukiman penduduk dan karena itu air limbah yang masuk ke dalam sungai ciliwung tidak masuk secara bersamaan si satu titik. Air limbah yang masuk ke dalam badan air sungai ciliwung kebanyakan berasal dari saluran2 kecil yang berasal dari pemukiman penduduk yang berada di pinggiran sungai ciliwung sehingga limbah ini dimasukkan ke dalam kategori non point source karena masuknya limbah ke dalam sungai ini menyebar.

Grey water berasal dari limbah rumah tangga, dan dalam perhitungan beban pencemar ini beban *grey water* di hitung dari penduduk yang tidak memiliki sanitasi. Sumber yang lainnya adalah *black* dan *grey water*, sumber ini dikatakan sebagai satu nama dengan sumber yang berasal dari penduduk yang tidak memiliki dan tidak mendapatkan pelayanan mck, karena kondisi penduduk ini dianggap mereka akan

membuang limbah langsung ke dalam badan air penerima.

Beban air limbah dan konsentrasi ditentukan dengan mengasumsikan beban limbah yang masuk sebesar 75 persen dari pemanfaatan air bersih untuk limbah grey water yaitu sebesar 68 L/org/hari dan untuk black water sebesar 90 L/org/hari, setelah itu di dapat konsentrasi tiap daerah dari hasil perhitungan (lihat Tabel 1) . Limbah non domestik terdapat pada jarak 0,87 km dari hulu yg berasal dari limbah tekstil

PT Unitex. Nilai nilai itu di jelaskan dalam Tabel 2 di bawah.

Tabel 1. Perhitungan air buangan domestik

Sumber Pencemar	debit effluent (m3/hari)	debit effluent (M3/detik)	DO (mg/l)	BOD (mg/l)
PT Unitex	5000	0,0578704	4,1	75

Tabel 2. Perhitungan Air Buangan Domestik dan Konsentrasi BOD Dan DO

Kelurahan/ Desa	Terlayani Sanitasi							Tidak Terlayani Sanitasi					
	Σ Pend (org)	Pemakaian Air Bersih (lt/org /hari)	Grey Water lt/org/hair (75% air buangan)	Σ Air Buangan lt/hari	Q Dom. (M3/detik)	DO Domestik (mg/l)	BOD Domestik (mg/l)	Σ Pend. (org)	Black+ Grey Water (100% air buangan) (lt/org /hari)	Σ Air Buangan lt/hari	Q Dom. (M3/detik)	DO Domestik (mg/l)	BOD Domestik (mg/l)
Sindangrasa	6.036	120	68	407.430	0,0047	4,10	100	4.676	90	420.840	0,0049	2,50	200
Tajur	3.020	120	68	203.850	0,0024	4,10	100	2.868	90	258.120	0,0030	2,50	200
Katulampa	18.740	120	68	1.264.950	0,0146	4,10	100	7.132	90	641.880	0,0074	2,50	200
Sukasari	2.492	120	68	168.210	0,0019	4,10	100	7.660	90	689.400	0,0080	2,50	200
Baranangsiang	16.388	120	68	1.106.190	0,0128	4,10	100	7.404	90	666.360	0,0077	2,50	200
Babakan Pasar	2.304	120	68	155.520	0,0018	4,10	100	9.928	90	893.520	0,0103	2,50	200
Paledang	9.656	120	68	651.780	0,0075	4,10	100	2.896	90	260.640	0,0030	2,50	200
Sempur	2.168	120	68	146.340	0,0017	4,10	100	9.468	90	852.120	0,0099	2,50	200
Pabaton	18.564	120	68	1.253.070	0,0145	4,10	100	9.728	90	875.520	0,0101	2,50	200
Kebon Pedes	12.716	120	68	858.330	0,0099	4,10	100	5.488	90	493.920	0,0057	2,50	200
Kedung Badak	17.468	120	68	1.179.090	0,0136	4,10	100	10.024	90	902.160	0,0104	2,50	200

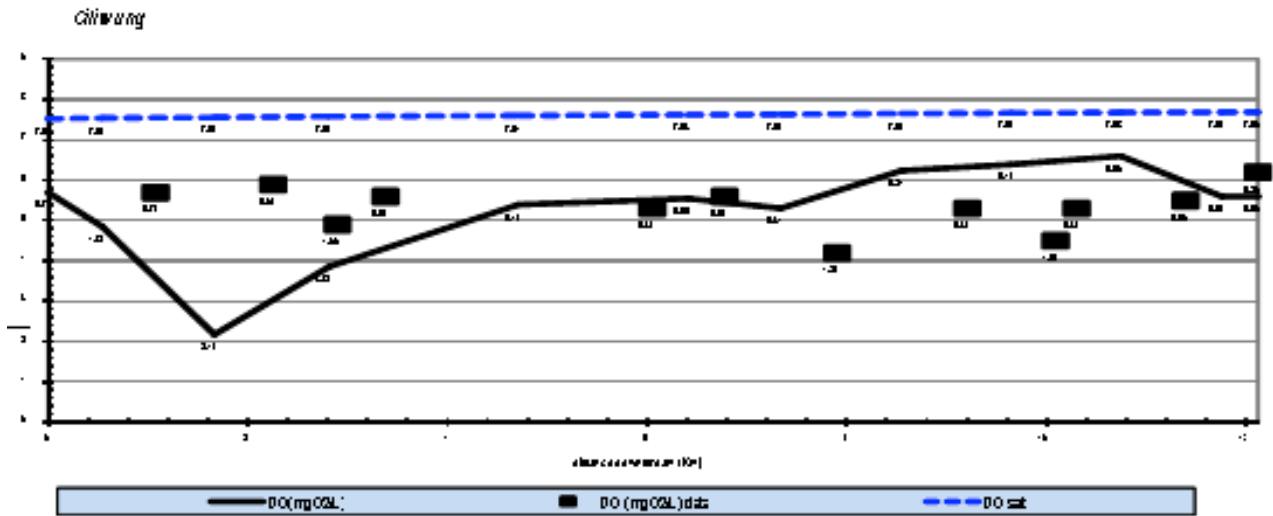
Hasil model kualitas air sungai ciliwung yang digambarkan dalam grafik seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Dilihat dari hasil Model nilai DO (Gambar 1.) konsentrasi DO pada kurva model menunjukkan konsentrasi sebesar 2,18 mg/l ini disebut sebagai DO sag dimana konsentrasi menurun drastis pada saat ada beban pencemar yang masuk ke perairan, titik ini bisa di sebut juga sebagai titik kritis dimana beban pencemar sangat berpengaruh pada perairan sehingga dapat dijadikan alasan untuk melakukan kebijakan dalam pemulihan perairan.

Selain itu di titik pertama yaitu di titik sindang rasa nilai DO cukup tinggi karena pada titik ini belum ada beban pencemar yang masuk ke dalam dan juga perhitungan beban pencemar di mulai dari titik 1, selain itu beban pencemar yang di hitung berasal dari buangan limbah domestik yang artinya air buangan masuk ke dalam sungai secara merata sehingga perubahan tidak dapat dilihat langsung di satu titik.

Dilihat dari hasil Model nilai DO (Gambar 1.) konsentrasi DO pada kurva model menunjukkan konsentrasi sebesar 2,18 mg/l ini disebut sebagai DO sag dimana konsentrasi menurun drastis pada saat ada beban pencemar yang masuk ke perairan, titik ini bisa di sebut juga sebagai titik kritis dimana beban pencemar sangat berpengaruh pada perairan sehingga dapat dijadikan alasan untuk melakukan kebijakan dalam pemulihan perairan.

Selain itu di titik pertama yaitu di titik sindang rasa nilai DO cukup tinggi karena pada titik ini belum ada beban pencemar yang masuk ke dalam dan juga perhitungan beban pencemar di mulai dari titik 1, selain itu beban pencemar yang di hitung berasal dari buangan limbah domestik yang artinya air buangan masuk ke dalam sungai secara merata sehingga perubahan tidak dapat dilihat langsung di satu titik.

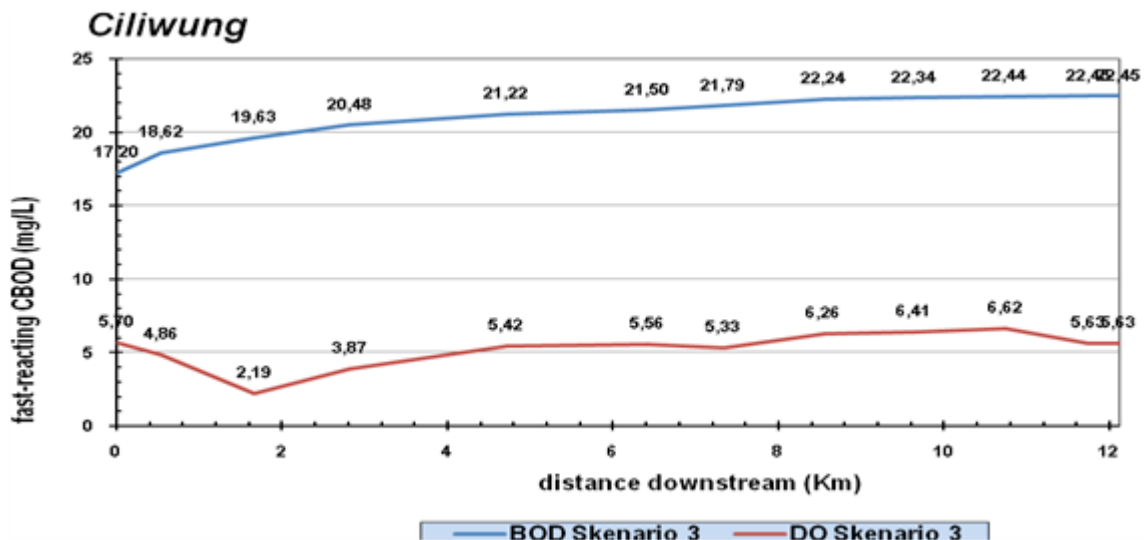


Gambar 1. Hasil model BOD

Di dua *reach* terakhir konsentrasi BOD data hasil sampling sangat tinggi, tetapi kurva model tidak dapat mengikuti kurva data dikarenakan tidak dapat ditemukannya beban pencemar yang kemungkinan berasal dari industri di dekatar reach tersebut. Jika di analisis dari perbandingan nilai DO dengan BOD data, nilai DO pada titik tersebut sebesar 5,5 mg/L dan 6,2 mg/L nilai ini naik dari titik sebelumnya yang berasal dari kelurahan pabaton sebesar 4,5 mg/L, nilai DO yang naik ini berbanding terbalik dengan nilai BOD karena pada titik yang sama nilai hasil sampling malah naik sampai 34 mg/L, maka ada kemungkinan data yang

diperoleh dari data sekundr ini di dua titik ini tidak valid.

Kurva BOD yang cenderung naik menunjukkan jumlah pemakaian oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik semakin bertambah sebanding dengan bertambahnya waktu. Sebagai parameter pencemar kimia untuk limbah organik, maka semakin tinggi nilai konsentrasi BOD di suatu perairan maka semakin tinggi kandungan limbah organik di perairan tersebut.



Gambar 2. Perbandingan BOD dan DO

Verifikasi Model

Untuk menunjukkan standar penyimpangan data terhadap nilai rata-ratanya dengan menggunakan rumus penyimpangan sehingga dapat dilihat hasil verifikasi model di tiap titik reach yang dibandingkan dengan data sekunder untuk BOD adalah sebesar 14% dengan nilai standar deviasi 5,8 dan untuk DO sebesar 21% dengan nilai standar deviasi 1,39.

Dari hasil validasi di dapat nilai penyimpangan antara data dengan model sebesar 14% untuk BOD dan 21% untuk DO. Nilai penyimpangan ini masih dapat diterima. Dengan nilai ini maka model kualitas ini sudah valid untuk dijadikan alat untuk memprediksi kualitas air sungai akibat suatu pilihan kebijakan yang di pilih karenailainya yang hampir mendekati kenyataan.

Skenario Pengelolaan Sungai

Skenario model bertujuan untuk mendapatkan gambaran kebijakan yang tepat dalam mengendalikan pencemaran dan ,menjaga kualitas sungai ciliwung segmen 2, dari skenario tersebut di pilih salah satu kebijakan yang paling efisien dalam pengambilan keputusan. Skenario yang dibuat antara lain :

1. Angka pelayanan sanitasi sebesar 50% dibagian hulu

2. Melakukan penggelontoran yang digunakan sebagai pengenceran melalui bendungan Katulampa.
3. Membangun IPAL untuk melayani 6 kelurahan di bagian hulu.

Skenario 1

Pada skenario 1 dilakukan model simulasi dengan mengurangi beban pencemaran sungai Ciliwung dengan menambahkan pelayanan sanitasi yaitu dari penduduk yang belum terlayani sebesar 50% dari penduduk yang belum terlayani sampai dengan tahun 2015 sesuai dengan target MDGs. Pengurangan ini dilakukan dengan membuat MCK di daerah hulu yaitu di Kelurahan Sindang Rasa, Bendungan Katulampa, Tajur, Sukasari, Baranangsiang Dan Babakan Pasar.

Pada simulasi ini penambahan MCK dilakukan pada daerah yang belum memiliki sanitasi sehingga mereka hanya akan membuang limbah rumah tangga ke dalam sungai sehingga perhitungan grey water bertambah sebesar 50% dari pengurangan black+ grey water sebesar 50%. Perhitungan beban buangan dengan asumsi penambahan pelayanan sanitasi sebesar 50% dari penduduk yang belum terlayani dapat di lihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan beban pencemar skenario I

Tabel 5.1 Tabel Perhitungan Beban Pencemar Skenario 1

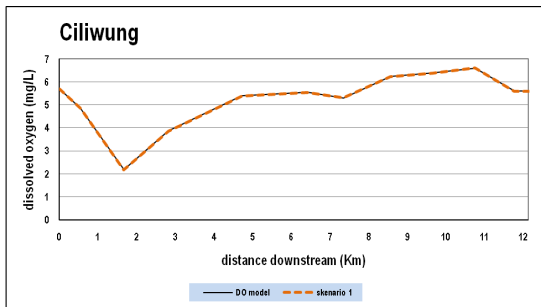
Kelurahan/ Desa	Terlayani Sanitasi							Tidak Terlayani Sanitasi					
	Σ Pend. (org)	Pemakaian Air lt/org/hari	Grey Water lt/org/hari (75%)	Σ Air Buangan lt/hari	Q Dom. (M3/detik)	DO Domestik (mg/lt)	BOD Domestik (mg/lt)	Σ Pend. (org)	Black+ Grey Water (100%) lt/org/hari	Σ Air Buangan lt/hari	Q Dom. (M3/detik)	DO Domestik (mg/lt)	BOD Domestik (mg/lt)
Sindangrasa	8.374	120	68	565.245	0,0065	4,10	100	2.338	90	210.420	0,0024	2,50	200
Tajur	4.454	120	68	300.645	0,0035	4,10	100	1.434	90	129.060	0,0015	2,50	200
Katulampa	22.306	120	68	1.505.655	0,0174	4,10	100	3.566	90	320.940	0,0037	2,50	200
Sukasari	6.322	120	68	426.735	0,0049	4,10	100	3.830	90	344.700	0,0040	2,50	200
Baranangsiang	20.090	120	68	1.356.075	0,0157	4,10	100	3.702	90	333.180	0,0039	2,50	200
Babakan Pasar	7.268	120	68	490.590	0,0057	4,10	100	4.964	90	446.760	0,0052	2,50	200
Paledang	9.656	120	68	651.780	0,0075	4,10	100	2.896	90	260.640	0,0030	2,50	200
Sempur	2.168	120	68	146.340	0,0017	4,10	100	9.468	90	852.120	0,0099	2,50	200
Pabaton	18.564	120	68	1.253.070	0,0145	4,10	100	9.728	90	875.520	0,0101	2,50	200
Kebon Pedes	12.768	120	68	861.840	0,0100	4,10	100	5.488	90	493.920	0,0057	2,50	200
Kedung Badak	17.480	120	68	1.179.900	0,0137	4,10	100	10.024	90	902.160	0,0104	2,50	200

Sumber: Perhitungan Penulis

Hasil simulasi

Perubahan yang terjadi setelah mengurangi 50% black +grey water pada penduduk yang tidak mendapat pelayanan sanitasi hanya berdampak sedikit pada hasil simulasi dimana konsentrasi BOD hanya berkurang 0,04-0.06 mg/L mulai dari Kelurahan Pabaton sampai daerah kedung badak, ini disebabkan perubahan dilakukan pada daerah hulu yang memiliki kepadatan penduduk cukup banyak dan dengan harapan bila bagian hulu di rubah maka bagia hilir juga ikut

berubah, ini dibuktikan dalam simulasi ini dimana daerah bagian hulu mengalami penurunan konsentrasi walaupun hanya sedikit. Penurunan konsentrasi BOD yang terjadi sangat kecil ini di sebabkan karena beban pencemar yang masuk sangat kecil dibanding debit air sungai dan sumber pencemar pada penelitian ini hanya berasal dari limbah domestik dan non domestik sesuai dengan batasan model.

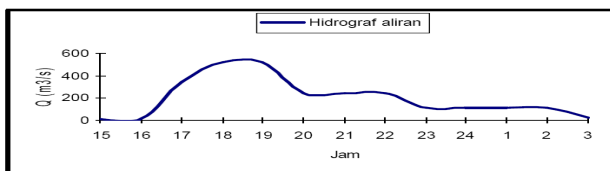


Gambar 3. Model DO skenario I

Berdasarkan hasil simulasi dari skenario kebijakan yaitu pengurangan beban pencemar yang berasal dari penduduk yang belum terlayani sanitasi yaitu sebesar 50% di bagian hulu tidak berdampak besar terhadap kondisi sungai. Hal ini memperlihatkan bahwa dalam usaha pembesihan sungai tidak dapat dilakukan setengah setengah, karena beban pencemar yang masuk ke badan air menyebar di sepanjang aliran.

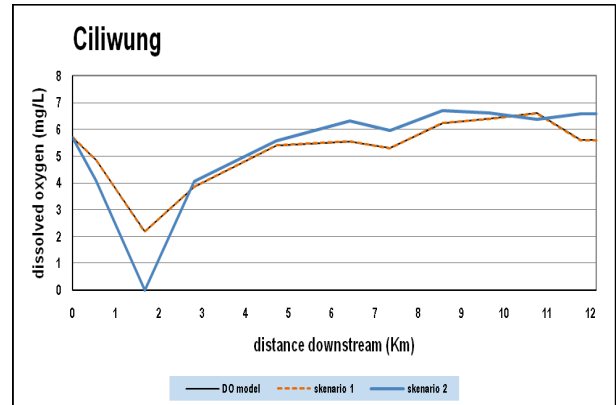
Skenario II

Ciliwung segmen 2 ini terletak di kota bogor yang memiliki intensitas hujan yang cukup tinggi. kondisi ini memungkinkan terjadinya penambahan debit yang cukup besar dari bagian hulu, dalam hal ini penambahan debit bisa di jadikan sebagai contoh penggelontoran dalam sungai ciliwung selain dengan hujan, bendungan katulampa masih mampu menampung air dengan volume yang cukup besar. Pada saat hujan debit limpasan bisa mencapai 200 m³/detik tetapi di saat kondisi normal debitnya berkisar antara 15 sampai 40 m³/detik. Seperti yang dapat dilihat di gambar di bawah ini.



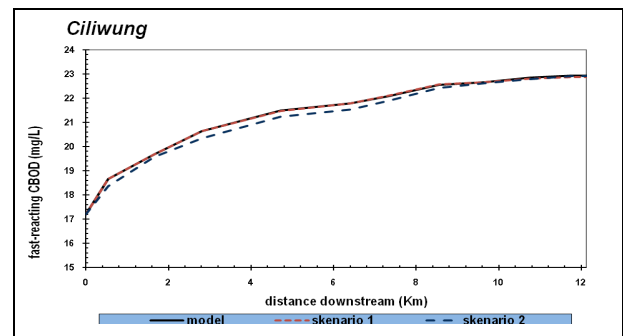
Gambar 4. Hidrograf aliran sungai Ciliwung di Katulampa tahun 2000

Dari hasil simulasi dapat dilihat nilai DO menurun drastis di titik ke-3 yaitu di daerah Tajur, daerah ini mempunyai jumlah penduduk yang lebih banyak dari daerah lainnya yaitu sebesar 25.857 jiwa yang tersebar di pinggiran sungai. Hal inilah yang menyebabkan beban pencemar meningkat tajam di titik ini, faktor ini bukan satu satunya alasan nilai DO menurun di titik ini ketinggian air bertambah tetapi tidak di iringi dengan kecepatan aliran yang harusnya bertambah, sehingga air mengalir sangat lambat tetapi volume air yang ditampung besar sehingga oksigen yang di butuhkan juga meningkat, kebutuhan akan oksigen ini semakin di perkecil dengan adanya beban pencemar yang besar yang bersasal dari air buangan penduduk.



Gambar 5. Model DO skenario II

Hasil dari skenario ini, dengan menambah debit air yang secara tidak langsung sama dengan sungai juga ikut menurun seperti yang digambarkan pada grafik di bawah ini menggelontorkan air sungai maka konsentrasi BOD air.

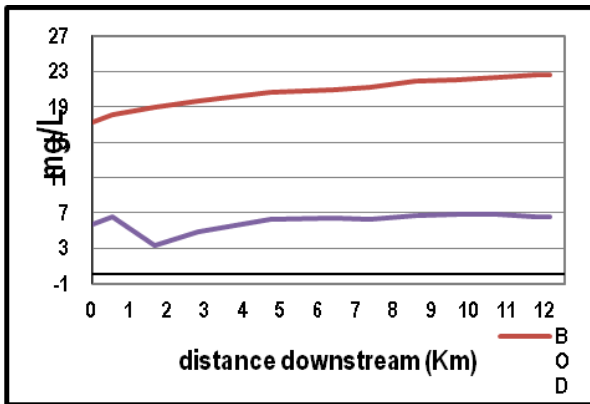


Gambar 6. Model BOD skenario

Dari hasil Simulasi dapat di lihat bahwa konsentrasi BOD semakin menurun di sepanjang aliran, ini membuktikan bahwa penggelontoran cukup efektif dalam mengurangi konsentrasi BOD di aliran sungai. Kebijakan ini mungkin dilakukan selain karena hasil simulasi memperlihatkan penurunan konsentrasi BOD juga karena daya tampung sungai yang masih tinggi jika dilakukan penggelontoran.

Simulasi ini dilakukan dengan kondisi sanitasi sesuai dengan skenario pertama yaitu penambahan MCK pada sebesar 50% dari total penduduk suatu daerah. Pada skenario pertama penambahan sanitasi dilakukan di 6 daerah di bagian hulu, hasil dari model adalah pengurangan konsentrasi BOD di bagian hulu. hasil skenario ini di nilai kurang memuaskan karena konsentrasi skenario pertama tidak begitu berbeda dengan konsentrasi sebelumnya. Maka pada skenario ke tiga ini ditambahkan unit pengolahan air limbah pada kelurahan Babakan Pasar. Air Limbah yang keluar di daerah daerah sebelum babakan pasar akan di


salurkan melalui pipa pembuangan yang selanjutnya akan di olah di unit pengolahan air limbah.



Gambar 7. BOD dan DO pada skenario II

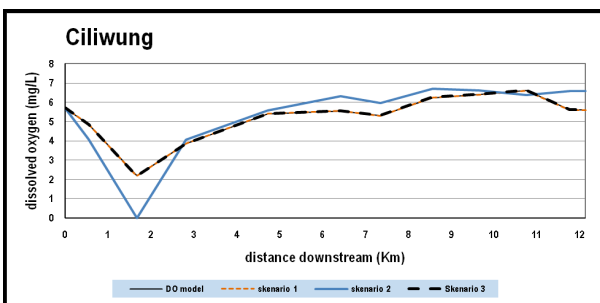
Pada perhitungannya diasumsikan limbah buangan yang berasal dari limbah domestik akan di olah terlebih dahulu sehingga perhitungan debit beban pencemar berasal dari jumlah total penduduk yang berada di daerah sebelum babakan pasar. Sedangkan konsentrasi buangan air limbah menggunakan standar effluent buangan air limbah.

Tabel 4. Perhitungan Air Buangan dan Konsentrasi BOD Grey Water

Kelurahan/ Desa	Terlayani Sanitasi							Tidak Terlayani Sanitasi							
	Σ Pend (org)	Pemakaian Air Bersih lt/org /hari	Grey Water lt/org/hari (75% air buangan)	Σ Air Buangan lt/hari	Q Dom. (M3/detik)	DO Domestik (mg/lt)	BOD Domestik (mg/lt)	Σ Pend. (org)	Black+ Grey Water (100% air buangan)	Σ Air Buangan lt/hari	Q Dom. (M3/detik)	DO Domestik (mg/lt)	BOD Domestik (mg/lt)	Σ Q terlayani dan tidak terlayani (M3/detik)	Σ BOD Grey+Black Water (mg/l)
Sindangrasa	6.036														
Tajur	3.020														
Katulampa	18.740														
Sukasari	2.492														
Baranangsiang	16.388														
Babakan Pasar	2.304														
IPAL	48.980	120	68	4.644.945	0,0538	4,10	30	19.834	90	1.785.060	0,0207	4,10	30	0,074	30,00
Paledang	9.656	120	68	651.780	0,0075	4,10	100	2.896	90	260.640	0,0030	2,50	200	0,011	78,56
Sempur	2.168	120	68	146.340	0,0017	4,10	100	9.468	90	852.120	0,0099	2,50	200	0,012	175,08
Pabaton	18.564	120	68	1.253.070	0,0145	4,10	100	9.728	90	875.520	0,0101	2,50	200	0,025	99,92
Kebon Pedes	3.179	120	68	214.583	0,0025	4,10	100	5.488	90	493.920	0,0057	2,50	200	0,008	148,51
Kedung Badak	4.367	120	68	294.773	0,0034	4,10	100	10.024	90	902.160	0,0104	2,50	200	0,014	158,13

Skenario III

Jika di lihat hasil model dari grafik, tidak begitu tampak adanya perubahan yang terjadi setelah adanya penambahan ipal karena kurvanya yang nilainya mirip dengan simulasi sebelumnya, tapi setelah di buat dalam tabel baru terlihat adanya perubahan konsentrasinya.

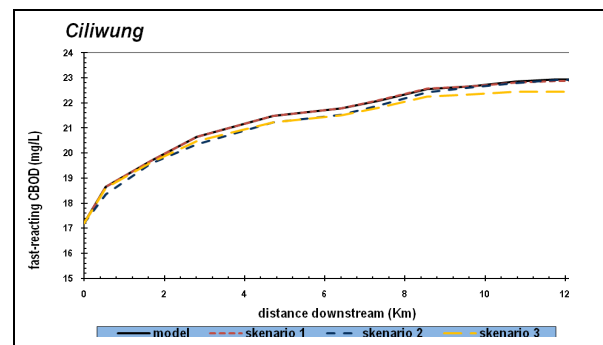


Gambar 8. Model DO skenario III

Perubahan konsentrasi DO mulai terjadi di kelurahan Ketulampa dimana kadar oksigen terlarut bertambah sebesar 0,01 mg/L dan terus bertambah di kelurahan

Baranangsiang sebesar 0,02 mg/L, laju penambahan konsentrasi DO pada skenario ini juga tidak memiliki perbedaan yang cukup besar seperti skenario skenario sebelumnya, tetapi pada skenario ini knaikan konsentrasi lebih berjalan konstan dan terus naik sampai ke hilir segmen.

Pada skenario ini juga dibuktikan bahwa saat merubah dengan mengurangi beban pencemar di bagian hulu maka bagian hilir pun juga ikut berkurang.



Gambar 9. Model BOD skenario III

Pada skenario ini Penurunan BOD berjalan konstan di tiap titik mulai dari kelurahan Tajur hingga Kelurahan yang terletak pada ujung segmen yaitu kelurahan Kedung Badak yaitu sebesar 0,48 mg/L, penurunan konsentrasi BOD ini berjalan seiringan dengan kenaikan DO yang juga bertambah di tiap titik, ini membuktikan bahwa skenario ini cukup efektif dalam menurunkan tingkat pencemaran di dalam air, selain karena laju penurunannya yang konstan juga karena efek yang dihasilkan juga mempengaruhi kondisi di hilir sungai.

Tabel 5. Perbandingan nilai DO

Jarak	model	MCK 50 %			IPAL
		skenario 1	skenario 2	skenario 3	
0,00	6,70	6,70	6,70	6,70	6,70
0,54	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
1,67	2,18	2,18	0,00	2,18	2,18
2,82	3,88	3,88	4,08	3,87	3,87
4,71	6,40	6,40	6,57	6,42	6,42
6,41	6,66	6,66	8,32	6,68	6,68
7,34	6,31	6,31	6,98	6,33	6,33
8,55	8,24	8,25	8,71	8,28	8,28
9,65	8,40	8,40	8,82	8,41	8,41
10,74	8,80	8,81	8,87	8,82	8,82
11,75	6,80	6,80	8,68	6,83	6,83
12,12	6,80	6,80	8,68	6,83	6,83

Sumber: Perhitungan Penulis

Tabel 6. Perbandingan nilai BOD

Jarak	model	MCK 50 %			IPAL
		skenario 1	skenario 2	skenario 3	
0,00	17,20	17,20	17,20	17,20	17,20
0,54	18,65	18,65	18,36	18,62	18,62
1,67	19,68	19,68	19,57	19,63	19,63
2,82	20,64	20,65	20,34	20,48	20,48
4,71	21,48	21,48	21,23	21,22	21,22
6,41	21,78	21,79	21,53	21,50	21,50
7,34	22,08	22,10	21,88	21,79	21,79
8,55	22,56	22,58	22,43	22,24	22,24
9,65	22,66	22,66	22,61	22,34	22,34
10,74	22,84	22,80	22,79	22,44	22,44
11,75	22,94	22,87	22,91	22,45	22,45
12,12	22,94	22,87	22,91	22,45	22,45

Sumber: Perhitungan Penulis

Pada skenario ini Penurunan BOD berjalan konstan di tiap titik mulai dari kelurahan Tajur hingga Kelurahan yang terletak pada ujung segmen yaitu kelurahan Kedung Badak yaitu sebesar 0,48 mg/L, penurunan konsentrasi BOD ini berjalan seiringan dengan kenaikan DO yang juga bertambah di tiap titik, ini membuktikan bahwa skenario ini cukup efektif dalam menurunkan tingkat pencemaran di dalam air, selain karena laju penurunannya yang konstan juga karena efek yang dihasilkan juga mempengaruhi kondisi di hilir sungai.

4. Kesimpulan

1. Beban pencemar berasal dari limbah cair domestik dan non domestik dimana nilai tertinggi pada bagian hulu berada pada kelurahan Baranangsiang sebesar 199 kg/hari dan pada bagian hilir sebesar

147 kg/hari di kelurahan Sempur Keler. Nilai terendah di bagian hulu berada pada kelurahan Tajur sebesar 37kg/hari dan di bagian hilir berada pada kelurahan Paledang sebesar 61kg/hari.

2. Verifikasi yang dilakukan dengan membandingkan data eksisting dengan model di dapat nilai penyimpangan antara data dengan model sebesar 14% untuk BOD dan 21% untuk DO, maka model kualitas ini sudah dapat untuk dijadikan alat untuk memprediksi kualitas air sungai akibat suatu pilihan kebijakan
3. Babakan Pasar. Hasil simulasi menunjukkan konsentrasi BOD turun antara 0,01-0,06mg/L perubahan yang di hasilkan tidak signifikan, sehingga skenario ini kurang tepat untuk diambil walaupun kebijakan ini sangat mungkin untuk di lakukan
4. Skenario ke dua dilakukan dengan melakukan penggelontoran oleh bendungan di katulampa, yaitu dengan menambah debit yang turun dari bendungan, dalam hal ini debit ditambah menjadi 34 m³/detik dari debit awal sebesar 17 m³/detik. Penurunan BOD yang terjadi cukup besar yaitu sebesar 0.03 mg/L sampai 0.2 mg/L dan terjadi di bagian hulu sehingga cara ini cukup efektif untuk menjadi salah satu kebijakan untuk mengurangi pencemaran
5. Skenario ke 3 adalah dengan membuat IPAL Komunal sehingga 6 keluraha di bagian hulu yaitu : kelurahan sindang rasa, bendungan katulampa. mesjid At Takwa, kel. Baranangsiang, kel. Sukasari yang ada di hulu, dengan kapasitas 60 L/ detik sehingga tidak ada lagi pencemaran yang disebabkan oleh *black* dan *grey* water dari buangan penduduk ke dalam sungai. Cara ini lebih efektif dari pada skenario kedua karena penurunan konsentrasi BOD yang lebih besar yaitu sebesar 0,1-0,7
6. Skenario yang paling efektif adalah skenario ke 3 yaitu dengan menambahkan IPAL komunal di daerah Sindang Rasa yang melayani 5 daerah sebelumnya. Penurunan BOD sebesar 0,1 mg/L-0,4mg/L dari kelurahan Baranangsiang sampai kelurahan Kedung Badak. Dari pada skenario lainnya, perubahannya lebih bisa berkesinambungan dari pada skenario penggelontoran sesaat yang tidak dapat terus menerus di lakukan.
7. IPAL yang dibuat harus dapat melayani 100% penduduk sehingga tidak ada *black* dan *grey* water yang di buang ke sungai, IPAL di bangun pada titik Babakan Pasar karena ini merupakan titik tengah dari segmen ini. Apabila pengendalian pencemaran di bagian hulu di lakukan maka kualitas sungai bagian hilir juga akan menerima dampaknya seperti yang diperlihatkan oleh hasil simulasi dimana semua skenario dilakukan di bagian hulu dan

semua skenario menunjukkan perubahan di bagian hilir.

8. Penurunan konsentrasi BOD di setiap skenario tidak terlalu besar dikarenakan sumber pencemar yang hanya berasal dari limbah domestik dan non domestik sehingga limbah padat seperti sampah tidak diperhitungkan karena batasan model yang dibuat hanya menghitung beban pencemar yang berasal dari limbah cair domestik dan non domestik.

Daftar Acuan

- [1] Metcalf dan Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment Fourth Edition*. New York : Mc. Graw Hill Inc
- [2] Kementerian Lingkungan Hidup No.110 tahun 2003 tentang Pedoman Penetapan Daya Tampung Beban Pencemaran Air pada Sumber Air.
- [3] Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta No. 582 tahun 1995 tentang Peruntukkan dan Baku Mutu Air Sungai atau Badan Air serta Baku Mutu Limbah Cair di Wilayah DKI Jakarta.
- [4] Eckenfelder, Weasley. 1991. *Principles of Water Quality Management*. Boston : CBI Pub. Co
- [5] Ning, S.K., Chang, Ni-Bin, Yang, L., Chen, H.W., Hsu, Y.K., 2001. *Assesing Pollution Prevention Program by QUAL2E Simulation Analysis for Kao-Ping River Basin-Taiwan*. Journal of Environmental Management 61(1), 61-76.
- [6] Lee and Lin. 2000. *Handbook of Enviromental Engineering Calculation* : Mc Graw Hill.